

水利施工钻孔灌注桩施工技术解析

刘园杰

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300250

摘要：水利施工钻孔灌注桩技术，作为水利工程建设的重要组成部分，具有低震动、低噪音、适应性强和质量标准高等特点。该技术通过钻孔、清孔、安装钢筋笼及水下混凝土灌注等关键环节，实现稳固桩基础构建。施工过程中需严格控制各项参数，如钻孔垂直度、泥浆性能、混凝土质量等，以确保桩的承载能力和稳定性。同时，针对孔壁坍塌、导管渗水、孔径缩颈、钢筋笼上浮等常见问题，需采取相应措施加以预防和解决，以保障施工质量与安全。

关键词：水利施工；钻孔灌注桩；施工技术

引言：随着水利工程规模的日益扩大，对基础施工技术的要求也日益提高。钻孔灌注桩施工技术，以其独特的优势和广泛的应用前景，在水利施工中占据重要地位。该技术通过精准控制钻孔、清孔、钢筋笼安装及混凝土灌注等关键环节，确保桩体质量，提高工程整体稳定性。本文旨在深入探讨钻孔灌注桩施工技术的要点、常见问题及解决措施，为水利施工提供理论支持和实践指导。

1 水利施工钻孔灌注桩施工技术概述

1.1 技术特点

钻孔灌注桩施工技术作为现代水利工程建设中不可或缺的一部分，其显著的技术特点主要体现在以下几个方面：（1）该技术具有较低的施工震动和噪音。相较于传统的施工方法，如锤击法或振动沉桩法，钻孔灌注桩在施工过程中产生的震动和噪音显著降低。这一特点对于保护周边环境，减少施工对居民生活及既有建筑的影响具有重要意义，尤其是在城市或近居民区进行的水利工程项目中更显优势。（2）钻孔灌注桩的桩径可根据实际需求灵活调整，且能够适应复杂多变的地质条件。通过选用不同规格和类型的钻头及施工工艺，可以确保桩径达到设计要求，甚至超过预制桩的常规尺寸，从而满足大型水利工程对承载力和稳定性的高要求。同时，该技术对于软弱土层、岩溶地区、含水层等特殊地质条件也有较好的适应性，为工程施工提供了更多可能性。（3）钻孔灌注桩施工也对质量标准提出了更为严格的要求。由于桩身全部由混凝土浇筑而成，其强度、密实度及与周围岩土体的结合程度将直接影响到桩的承载能力和稳定性。因此，在施工过程中必须严格控制每一个环节的施工质量，包括钻孔的垂直度、孔壁的稳定性、钢筋笼的制作与安装精度、混凝土的配比与浇筑质量等。（4）混凝土质量管控也是钻孔灌注桩施工中的一大挑

战。由于混凝土是在水下环境中进行灌注的，其流动性、初凝时间、强度增长等性能均会受到一定影响。因此，必须选择性能优良的混凝土材料，并严格按照施工工艺进行操作，以确保混凝土的质量满足设计要求。同时，混凝土灌注过程中的监控与检测也是必不可少的环节，以便及时发现并处理可能存在的问题。

1.2 技术原理

钻孔灌注桩的基本工作原理主要包括四个关键环节：钻孔、清孔、钢筋笼安装和混凝土灌注。首先，利用钻机设备在预定的桩位上进行钻孔作业，形成一定深度和直径的桩孔。然后，通过泥浆循环或其他清孔方法将孔内残留的钻渣和泥浆清除干净，确保孔壁稳定和孔底清洁。接下来，将预先制作好的钢筋笼放入孔内并固定好位置，钢筋笼作为桩身的骨架，对桩的承载能力和稳定性起着至关重要的作用。最后，利用导管或其他灌注设备将混凝土从孔口灌入孔内并振捣密实，待混凝土凝固后形成坚固的桩体。

1.3 适用范围

钻孔灌注桩施工技术因其独特的优势和广泛的适应性而被广泛应用于各类水利工程中。在桥梁工程中，钻孔灌注桩常被用作桥墩和桥台的基础以承受上部结构的重量和荷载；在水库工程中，则可用于围堰、防渗墙及库岸防护等结构的施工；在水电工程中，更是发挥着关键的作用作为电站厂房、引水隧洞及拦河坝等建筑物的基础。此外随着技术的不断进步和应用经验的积累，钻孔灌注桩施工技术在其他领域如港口码头、海洋平台及高层建筑等工程中也有着越来越广泛的应用前景。

2 水利施工钻孔灌注桩施工技术要点

2.1 钻孔准备

（1）确定合理的桩位和桩径：钻孔灌注桩的桩位和桩径需根据工程设计要求和地质勘察资料精心确定。桩

位的准确性直接影响到后续施工的顺利进行和工程结构的整体稳定性。因此,在施工前应进行详细的测量放样工作,确保桩位坐标无误。同时,根据工程承载需求和地质条件选择合适的桩径,既要满足承载力的要求,又要考虑经济性和施工的便捷性。(2)清理施工场地,布置施工设备和材料:施工前需对施工场地进行全面清理,移除杂物,平整场地,为后续施工创造良好条件。同时,根据施工计划合理布置施工设备和材料,包括钻机、泥浆泵、钢筋加工机械、混凝土搅拌站等,确保施工设备的正常运转和材料供应的及时充足^[1]。(3)测量放样,埋设护筒:在确定的桩位上进行测量放样,标出桩心位置,并在其周围设置控制桩以便校核。随后,根据设计要求埋设护筒。护筒的主要作用是保护孔口,防止孔口坍塌,同时作为钻孔时的导向和定位基准。护筒的埋设应确保垂直、稳固,其内径应略大于钻头直径,并在埋设后通过测量检查其位置是否正确。

2.2 钻机就位与钻孔

(1)钻机安装与固定:钻机在安装前应进行检查,确保各部件完好无损、运转正常。钻机安装时,应确保底盘水平、稳固,并根据桩位调整钻机的位置和角度,使其钻杆中心与桩位中心重合。在钻孔过程中,应随时检查钻机的稳定性,防止因地基松软或操作不当导致钻机倾斜或移动。(2)钻孔过程中控制钻头:钻孔是钻孔灌注桩施工中的关键环节之一。在钻孔过程中,应控制钻头的转速和进尺速度,避免过快或过慢导致的孔壁坍塌或偏斜。同时,应密切关注钻头的工作状态,及时更换磨损严重的钻头。在钻孔过程中,还应注意控制钻头的角度和方向,防止碰撞孔壁和护筒,确保钻孔的垂直度和圆整度。(3)监测泥浆含量:泥浆在钻孔过程中起着冷却钻头、携带钻渣和稳定孔壁的重要作用。因此,在钻孔过程中应密切监测泥浆的含量和性能指标,如比重、粘度、含砂率等。根据地质条件和钻孔情况及时调整泥浆的配比和性能参数,确保泥浆能够有效发挥作用并保护孔壁稳定^[2]。

2.3 清孔与钢筋笼安装

(1)钻孔完成后立即进行清孔:清孔是钻孔灌注桩施工中的一道重要工序。在钻孔完成后应立即进行清孔作业,将孔内的钻渣和泥浆清理干净,确保孔底清洁无杂物。清孔方法可采用泥浆循环或气举反循环等方式进行。清孔过程中应注意控制泥浆的排放量和排放速度,防止泥浆污染环境 and 造成水土流失。(2)钢筋笼的制作与安装:钢筋笼是钻孔灌注桩的骨架结构,其制作和安装质量直接影响到桩的承载能力和稳定性。在制作钢筋

笼时,应严格按照设计要求和施工图纸进行加工制作,控制钢筋的规格、型号和焊接质量。在安装钢筋笼时,应使用专用吊具进行吊装作业,并确保钢筋笼的垂直度和位置准确性。安装过程中,应缓慢下放钢筋笼,避免与孔壁碰撞造成变形或损坏。同时,应采用适当的固定措施,如设置临时支撑或焊接定位筋,以确保钢筋笼在灌注混凝土过程中保持稳定不偏移。

2.4 混凝土浇筑

(1)严格控制混凝土质量:混凝土的质量是钻孔灌注桩施工成功的关键之一。在浇筑前,必须对混凝土进行严格的质量检查,包括强度、坍落度、和易性等指标。根据设计要求选择合适的混凝土强度等级和配合比,并严格按照配合比进行搅拌。同时,应确保混凝土原材料的质量合格,如水泥、骨料、水等,避免使用过期或不合格的材料。(2)采用水下导管灌注法:钻孔灌注桩的混凝土浇筑通常采用水下导管灌注法。在灌注前,应检查导管的密封性和长度是否满足要求,并在孔口设置漏斗和储料斗。灌注过程中,应控制混凝土的灌注速度和高度,确保混凝土能够均匀上升并排出孔内的泥浆和水。为了保证混凝土的密实度,应采用合适的振捣方式,如导管内振捣或孔口振捣,以消除混凝土中的气泡和空隙。(3)监控浇筑过程:在混凝土浇筑过程中,必须实施严密的监控措施。首先,应观察混凝土的流动性和坍落度变化,及时调整搅拌和运输方式以保持混凝土质量稳定。其次,应记录混凝土的灌注量和灌注时间,以计算灌注速度和评估混凝土的灌注效果。此外,还应关注孔内泥浆的返出情况,及时调整导管的位置和深度,防止混凝土与泥浆混合形成夹泥层。如果在灌注过程中出现混凝土堵塞导管或其他异常情况,应立即采取措施进行处理,确保灌注作业的顺利进行^[3]。(4)灌注后的养护:混凝土灌注完成后,应及时进行养护工作以促进混凝土的强度和耐久性发展。养护期间应保持桩顶面的湿润状态,避免阳光直射和干裂现象的发生。根据混凝土强度和天气条件选择合适的养护方法和时间长度,如覆盖湿布、洒水保湿或采用薄膜养护等。同时,应注意避免在养护期间对桩身进行任何形式的扰动或加载以防止产生裂缝或影响承载性能。

3 水利施工钻孔灌注桩施工中的常见问题及解决措施

3.1 孔壁坍塌

原因分析:孔壁坍塌是钻孔灌注桩施工中最常见的问题之一,其主要诱因包括掏渣筒操作不当导致的倾斜、泥浆性能不达标(如密度过低)、以及复杂多变的地层条件。掏渣筒的倾斜会直接刮擦孔壁,破坏其稳定

性；泥浆的密度和粘度若不足，则无法有效抵抗地下水压力和地层的侧压力；地层变化如遇到松散土层、含水层或地层突变，也会增加孔壁坍塌的风险。

解决措施：（1）优化掏渣筒操作。确保掏渣筒在提升过程中的垂直度，避免触碰到孔壁。定期检查掏渣筒的磨损和损坏情况，及时进行维护和更换。（2）调整泥浆性能。根据地层变化及时调整泥浆的配比，提高泥浆的密度和粘度，确保泥浆能够形成有效的护壁泥皮。同时，控制泥浆的含砂率和失水量，以增强其稳定性。

（3）低速稳定钻进。在易坍塌地层中采用低速、低压力的钻进方式，减少对孔壁的扰动。保持钻机的稳定性，防止因振动过大导致孔壁破坏。（4）实时监测与预警。安装孔壁监测设备，实时监测孔壁的变化情况。一旦发现孔壁失稳的迹象，立即停止钻进并采取有效措施进行加固处理。

3.2 导管渗水

原因分析：导管渗水的主要原因是导管连接不紧密或密封件老化、损坏。这会导致泥浆或水泥浆从导管接头处渗出，不仅影响混凝土的灌注质量，还可能引发严重的安全事故。

解决措施：（1）严格导管检查与维护。在每次使用前对导管进行全面检查，确保连接处紧密无缝隙。定期更换老化的密封件和磨损的部件，保证导管的密封性能。（2）提高安装质量。在安装导管时严格按照操作规程进行，确保每个连接处都紧固可靠。使用专用工具进行紧固作业，避免因安装不当导致渗水问题。（3）设立应急措施。制定应急预案以应对突发性的渗水事件。一旦发现渗水问题，立即停止灌注作业并采取有效措施进行堵漏处理，防止事态扩大^[4]。

3.3 孔径缩颈

原因分析：孔径缩颈通常是由于泥浆失水导致孔壁收缩或地质条件变化（如遇到膨胀性土层）引起的。缩颈现象会降低桩身的直径和承载力，对工程质量造成不利影响。

解决措施：（1）选用优质泥浆。选择具有良好保水性和稳定性的泥浆材料，减少泥浆失水现象的发生。根据施工需要调整泥浆的配比和性能指标。（2）增加检查力度与频次。在钻孔过程中和清孔后增加孔径的检查次数和力度。使用专业的测孔工具定期测量孔径变化情

况，及时发现并处理缩颈问题。（3）有效扫孔与清孔。在清孔和钢筋笼安装前进行有效的扫孔作业以清除孔壁上的泥皮和杂质。采用高压水射流等方法提高扫孔效果确保孔径的畅通和稳定。

3.4 钢筋笼上浮

原因分析：钢筋笼上浮的主要原因包括清孔不彻底、混凝土灌注速度过快以及钢筋笼固定不牢固等。上浮问题会导致钢筋笼位置偏移影响桩身的受力性能和稳定性。

解决措施：（1）加强清孔工作。在灌注混凝土前确保孔底清理干净无沉渣和泥浆残留。采用泥浆循环或气举反循环等方法进行清孔作业提高清孔效果。（2）控制混凝土灌注速度。合理控制混凝土的灌注速度避免过快灌注导致混凝土对钢筋笼产生过大的冲击力。采用分层灌注、分层振捣的方法确保混凝土能够均匀上升。（3）合理埋设与固定钢筋笼。在钢筋笼安装过程中根据孔深和钢筋笼长度合理设置定位筋或吊筋等固定措施。确保钢筋笼在灌注过程中能够稳定不动避免因浮力作用而上浮。同时加强钢筋笼的保护工作防止其在运输和安装过程中受到损坏。

结束语

综上所述，水利施工中的钻孔灌注桩技术，是一项集精准控制与高效施工于一体的关键技术。通过对其施工工艺的深入剖析，我们深刻认识到每个环节对于保证桩体质量和稳定性的重要性。本文不仅阐述了技术要点与操作规范，还针对常见问题提出了有效的解决方案。随着水利事业的蓬勃发展，我们有理由相信，钻孔灌注桩技术将持续创新，为水利工程建设提供更加坚实的基础，推动整个行业向更高水平迈进。

参考文献

- [1]孙彦明.试论水利施工中钻孔灌注桩施工技术[J].中国科技投资,2020,(13):47-48.
- [2]郭鼎.试论水利施工中的钻孔灌注桩技术[J].中国室内装饰,2020,(12):77-78.
- [3]骆然.水利施工钻孔灌注桩施工技术方法研究[J].水利技术开发,2021,45(05):31-32.
- [4]卢练宏.水利施工中的钻孔灌注桩技术[J].四川水泥,2019(17):219-220.